

4

**DE' PRINCIPI^A GENERALI,
E DELLE APPLICAZIONI
DELLA GEOMETRIA E DELLA MECCANICA
ALLE ARTI AI MESTIERI ED ALLE BELLE ARTI**
**MEMORIA
DELL' ARCHITETTO
FELICE ABATE**

INSERITA NEL FASCICOLO LXI DEGLI ANNALI CIVILI



NAPOLI
**DALLA TIPOGRAFIA DEL MINISTERO DI STATO
DEGLI AFFARI INTERNI
NEL REALE ALBERGO DE' FOVERI**

1843.

 Ragionando noi nel fascicolo 59.^o di questi Annali sulla utilità e sul migliore ordinamento di una scuola di geometria meccanica e disegno per le arti ed i mestieri nel nostro Reale Istituto d'Incoraggiamento alle scienze naturali, dopo che avemmo rappresentati gli svariati importantissimi vantaggi che da siffatta istituzione avremmo a sperare per lo miglioramento delle arti e degli artisti del nostro paese, e per lo incremento della pubblica ricchezza; promettemmo, a maggior conferma del nostro assunto, di presentare in altro Articolo un quadro de' principj generali su cui versano coteste scienze, e delle applicazioni di esse alle arti, alle manifatture ed alle belle arti: al quale avremmo fatte seguire alcune nostre osservazioni sul metodo che per lo insegnamento delle stesse e del disegno ne parrebbe il più acconcio e proficuo. Veniamo ora, per quanto si può brevemente, ad adempiere al nostro impegno.

1. E per cominciare dalla geometria, una delle cose le più semplici che noi consideriamo nella estensione sono le linee rette; le quali o si riguardano isolatamente, o variamente fra loro combinate, o giacenti in una data posizione rispetto all'orizzonte. Si combinano due rette in modo che incontrandosi in un punto formano un angolo, retto o no, ovvero che essendo in uno stesso piano, e serbandosi uniformemente distanti per una infinita lunghezza, sono perciò parallele. La natura della linea retta, e le varie proprietà e rapporti che risultano dalle diverse combinazioni e posizioni di linee siffatte, vengono dalla geometria amplamente svolte e dimostrate. Eppure, non v'ha forse alcuno di coloro che attendono agli studi delle scienze esatte il quale ponga mente agl'infiniti usi ed applicazioni che ad ogn'istante di coteste linee si fanno, non meno nelle tante bisogne del vivere, che in quasi tutte le arti! Veggiamo infatti la linea retta percorrersi da chiunque voglia condursi il più brevemente da uno in un altro sito; servire a chiunque, di una riga o di un bastone fatta una scala di misura, voglia misurare una qualunque lunghezza: e la natura di essa, ch'è unica tra due punti dati, ne dà il modo onde costruire e verificare un regolo che servir debba sia per disegnare delle linee somiglienti, sia per gl'innunerevoli altri usi delle arti. La veggiamo nei canti-vivi di molti corpi della natura, e del maggior numero di quelli che la mano dell'uomo fabbrica o configura; nelle commessure di più corpi di date forme, che l'uno a canto dell'altro o l'uno sull'altro si congiungono: la veggiamo dominante nelle architettoniche costruzioni, e nelle icnografi-

che rappresentazioni di esse. Gli angoli pure si veggono o si considerano da per ogni dove, e continuamente nelle arti avviene di doverli riprodurre, sia sulle superficie piane, sia nei corpi; d'onde l'uso della squadra per la formazione dell'angolo retto, e della falsa squadra per la determinazione e riproduzione degli angoli non retti: i quali occorrono di continuo nell'arte del carpentiere navale, nonchè in quelle del taglia-pietre, dello scalpellino del lastricatore, quando de' corpi di figura poligona, sia per murature d'opera incerta sia per lastricati, faccia d'uopo lavorare e commettere insieme. La riproduzione degli angoli è la base del metodo delle sovrapposizioni, di cui fanno uso specialmente i sarti e le modiste per tagliare secondo dati modelli le stoffe. Inoltre le linee parallele che vediamo incessantemente nelle opere d'arte, e massime in quelle dell'architettura, che si rappresentano nei caratteri della scrittura, nelle righe delle carte di musica, nel tratteggiato dell'incisione, si riproducono pur le mille volte nel movimento rettilineo de' corpi; ed è sulla proprietà di esse, di esser sempre equidistanti, ch'è fondato il movimento de' tiratoi nelle loro scanalature, degli stantuffi nei corpi di tromba, de' carri sulle rotaie di ferro, delle macchine a filare nelle guide parallele che assicurano la regolarità del loro moto, nell'orditura e tessitura delle stoffe ed in molte altre cose. Le linee parallele s'impiegano nei disegni dell'architettura navale allorchè vuol darsi ad un corpo una figura in rilievo che si adatti perfettamente ad un'altra in cavo. Esse, combinate con le perpendicolari e le orizzontali, costituiscono il metodo delle proiezioni, ch'è la base del disegno della geometria descrittiva: mediante il quale, qualunque oggetto at-

tinente all'industria vien rappresentato nella sua pianta, elevato, sezioni: nè solamente i corpi nel loro stato di quiete, ma pure il cammino che ciascuno de' loro punti ha seguito o seguir debba in caso di moto; il che alla meccanica ed all'astronomia altamente importa. Da ultimo, le linee parallele combinate con le perpendicolari e le orizzontali sono il fondamento dell'arte di livellare e della geodesia, con che han luogo nelle principali operazioni dell'architettura civile ed idraulica.

2. Dopo la linea retta, la linea più facile a descriversi è la circonferenza del cerchio. Dalle proprietà della qual figura, che la geometria ne insegna, derivano, quasi da seconda scaturigine, moltissime applicazioni alle arti. Ed in vero, intende ognuno che allor quando un corpo gira su due punti fissi, ciascuno de' suoi punti mobili descrive un cerchio; che tutti questi cerchi, presi a due a due, sono sempre ad egual distanza fra loro; che il loro centro è posto in una linea retta che unisce i punti fissi, la quale è perpendicolare al piano del cerchio, di cui essa è l'asse. Queste proprietà, e le altre che al cerchio si appartengono, applicansi: alla tornitura di corpi mobili che si faccia mediante uno strumento fisso, o viceversa; alla configurazione delle mole onde si usa aguzzare gli strumenti o lustrare le superficie; al moto delle vetture. Se si taglia un cerchio nel mezzo di un piano, la parte tagliata presenta una circonferenza in rilievo, ed il resto del piano una circonferenza in cavo; ed è tale la natura del cerchio, che si può far girare l'una nell'altra circonferenza, senza che amendue cessino dal toccarsi in tutt'i loro punti. Ebbene! la è questa una proprietà importantissima per l'industria; perchè è il principio del giuoco de' ro-

binetti, di quello delle scatole delle macchine a vapore, del giuoco degli arpioni nelle loro bandelle, degli astucci, degli assi nelle ruote, ec. Dalle combinazioni poi della linea retta e del cerchio risulta un'altra lunga serie di applicazioni, la qual è tanto più importante in quanto che abbraccia tutt'i movimenti paralleli delle macchine e le trasmissioni del moto, fosse per mezzo d'ingranaggi, fosse per catene o corregge. La natura del cerchio fornisce pure all'industria i modi onde dividerne in parti eguali la circonferenza, con quella estrema esattezza ch'è il fondamento della perfezione delle arti: la qual cosa è di una utilità massima, per la costruzione delle ruote dentate e de' cilindri scanalati, che occorrono specialmente nelle macchine a filare il cotone la lana la canape: nè importa meno alle scienze della trigonometria della geodesia e della geografia, per la misura degli angoli, e per la fabbricazione degli strumenti di cui esse fanno uso.

3. Dalle suddette due linee, cioè la linea retta e circolare, si possono formare molte svariate figure. Imperocchè dalle linee rette possono farsi triangoli quadrilateri pentagoni poligoni: ciascuno de' quali generi di figure può presentarne di varie specie; come triangoli equilateri, o rettangoli, o isosceli, o scaleni; quadrilateri quadrati, o rettangoli, o rombi, o romboidi, o trapezi; pentagoni e poligoni regolari, o irregolari. Tutte le quali figure occorrono incessantemente nei prodotti delle arti e nella costruzione delle macchine; e massimamente le regolari, dalle varie combinazioni delle quali, si formano innumerevoli lavori di lastricature intarsiature invetrate mosaico. Le forme e le disposizioni di alcune di coteste figure, regolari o irregolari, costituiscono le varie maniere di fabbricare che nei di-

versi tempi e luoghi sono state o sono in uso; come la fabbrica in pietre da taglio antica e moderna, l'opera reticolata che praticavano i Romani, le fabbriche ciclopiche che si usavano nella più remota antichità. La più parte delle dette figure, e massimamente i rettangoli, veggonsi nelle piante degli edifici; i poligoni specialmente nelle fortificazioni; nè sono escluse le figure miste di linee rette e porzioni di cerchio, che ai tempi ai teatri agli anfiteatri agl'ippodromi sogliamo a preferenza improntare. Le quali ultime figure presentandosi pure, in diverse forme e combinazioni, nelle architettoniche modanature e nelle cornici che indi n'emergono, costituiscono alcuni elementi del bello in questa nobilissima fra le arti, nonchè in altre molte che le sono affini.

4. Le figure dopo essersi considerate singolarmente nella geometria, si paragonano tra loro; d'onde nascono i rapporti di eguaglianza di simmetria di proporzione: su' quali son fondati i diversi metodi che nelle arti si usano per la riproduzione e moltiplicazione di date forme e figure. Spesso occorre di doversi eseguire un prodotto eguale ad un altro; il che per una esatta misura degli angoli e de' lati, e mercè i metodi geometrici, di leggieri si consegue. Il compasso di proporzione, e lo strumento che dicesi pantografo, servono assai utilmente per copiare delle figure date. Il modellare, ossia gettare in forme, per alcuni lavori solidi, come son quelli di scultura in gesso e gli altri in metallo fuso; la galvanoplastica, ch'è una delle più felici invenzioni de' nostri tempi; e per le figure piane, gli spolverizzi, i calchi, l'incisione, la stampa, la litografia, i così detti da' francesi *clichés*, e la galvanotipia, stupenda invenzione del

nostro egregio concittadino signor Filippo Cirelli, mercè la quale da un semplice disegno su carta si giugne a formare, col soccorso della pila di Volta, un rame inciso, sono altrettanti metodi per la riproduzione delle figure eguali o simmetriche ad altre date. Il metodo de' quadrati è pur sovente adoperato dagli artisti per far copie di quadri eguali o proporzionali ai loro originali, e si usa pure con vantaggio nelle grandi operazioni topografiche. La simmetria delle figure, il cui scopo è di soddisfare alle leggi dell'ordine e della semplicità, interessa molte arti e l'architettura massimamente che ne fa uno de' suoi canoni principali. Da ultimo, le figure proporzionali sono fecondissime di applicazioni nell'industria, e sono il fondamento della scienza della geodesia per ciò che riguarda la formazione delle carte geografiche topografiche idrografiche, nonchè di tutta l'arte del disegno.

5. La misura delle superficie terminate da linee rette o circolari è uno degli obbietti principali della geometria, il quale interessa non solo l'industria ma quasi ogni classe di persone, ed è intimamente connesso al valore delle cose. Inoltre ne fa conoscere la geometria i rapporti e le proprietà delle figure simili, dalle quali cose derivano importanti applicazioni per l'economia e la pratica delle arti; come, a cagion d'esempio, dal sapersi che i poligoni regolari racchiudono, a contorni eguali, uno spazio maggiore di ogni altra figura irregolare dello stesso numero di lati, e che il cerchio è a tal riguardo la più vantaggiosa di tutte le figure, si deduce quali figure convenga dare ai prodotti dell'industria per ottenere col minimo di materia le maggiori capacità, e che i tubi a sezione circolare per la condotta dell'acqua o del gas sono

*

i più economici. Così pure rispetto ai piani in generale, dal sapersi che una retta la quale tocchi per due punti un piano giacer debba tutta intera su di esso, derivano i vari metodi che si usano nelle arti per la formazione di questa sorte di superficie, mercè la pialla, la sega per lungo, la sega per tagliare i pali sott'acqua, la sega circolare. Il principio, che la perpendicolare menata da un punto su di un piano sia la più corta distanza tra quello e questo, e sia perpendicolare a tutte le altre rette che dal piede di essa tirinsi sul piano, si applica al giuoco delle mole de' molini, al tornire, alla macchina di Bramah per tagliare le superficie piane. Più, la geometria considera i piani per la loro posizione rispetto all'orizzonte, il che a molte arti ed alla scienza dell'architettura specialmente interessa; imperocchè i pavimenti e le connessioni superiori ed inferiori delle pietre da taglio che si soprappongono sono piani orizzontali, e le facce de' muri esterni, de' muri di spartimento e de' tramezzi sono piani verticali.

6. I solidi che son terminati da superficie, come i prismi le piramidi i poliedri, vengono per la geometria distinti classificati paragonati misurati: dalle quali cose diverse arti traggon partito. Perciocchè il prisma triangolare serve di guida al ferro del tornitore che vuol fare un cilindro; l'ottico ne fa un uso meraviglioso per decomporre la luce nei suoi sette colori; l'architetto sen serve per forma di tetti a due falde e a frontoni e a quinte; il meccanico ne fa delle guide fisse nelle quali fa scorrere i telai o i carri di cui vuol rendere il cammino esattamente rettilineo. I prismi a quattro facce, di cui vi hanno molte varietà, come parallelepipedi, parallelepipedi rettangoli, cubi, si riproducono spes-

so nelle costruzioni muratorie, fossero in pietre da taglio o in pietre a rombi, come l'opera reticolata de' Romani; e prismatici sono pure i pilastri le travi i correnti i cavalli e quasi tutt' i legnami ch'entrano nell'armatura de' tetti delle nostre case; le quali figure occorrono perciò di continuo costruirsi sia in rilievo sia in cavo, ovvero rappresentarsi per una congegnazione di pezzi, da' tagliatori di pietre da' falegnami da' carpentieri da' fabbri e da moltissimi altri artigiani. Ma chi mai sospetterebbe che lo studio delle proprietà de' prismi appartenesse pure al naturalista, il quale si occupa solo di osservare i corpi della natura, non di lavorarli? Eppure non gli è mica estraneo; imperocchè nelle infinite varietà di figure che presentano le naturali cristallizzazioni trovansi spesso delle forme geometriche, e massime de' prismi esattissimi, di fogge diverse. Le piramidi, secondo le quali alcuni tetti e degli obelischii configuriamo, dan luogo a risolvere diversi problemi per la esecuzione di siffatte cose. Ma sono poi di cotesti problemi i più ardui ed importanti quelli che spettano all'ingegnere topografo, il quale riferendo la posizione di ogni punto che osserva a quello di altri tre che formano un triangolo, preso per base, allorchè i punti di cui vuol determinare la posizione non sono in uno stesso piano, viene così a figurare nello spazio tante piramidi, per la determinazione delle quali ei perviene al suo intento. Da ultimo, la misura de' prismi delle piramidi e de' poliedri, che dicesi cubatura, è tal cosa che, piuttosto che ad ogni artista ed operaio, ad ogni uomo importa.

7. Allorchè la circonferenza di un cerchio si muove senza girare, in modo che non de' suoi pon-

ti percorre una linea retta, tutti gli altri punti segnano pure di tali linee, le quali sono fra loro parallele. Lo insieme di esse forma il cilindro: il quale si può pur generare da una linea retta che si muovesse parallelamente, poggiandosi contro il cerchio anzidetto. Or l'uno or l'altro di cotesti modi di produzione sono impiegati nelle arti, perciocchè il torniere costruisce il cilindro descrivendo col mezzo di un ferro tagliente una serie di cerchi paralleli; mentrèchè il carpentiere navale forma un albero cilindrico tagliando nel legname pria un cerchio verso la base, e poi, movendo dal contorno di questo, una serie di lati rettilinei: ambedue i mezzi poi si uniscono quando vuol farsi una superficie cilindrica a giorno, come son quelle di alcune inferriate, delle pergole, ed altre cose somiglienti; ovvero quando si tratta di costruire alcuni cilindri cavi in legno, come il *tomolo* della nostra misura per gli aridi, i quali si formano mercè la unione di molte doghe disposte intorno la circonferenza di alcuni cerchi paralleli. Il calderaio ed il lattaio eseguono delle superficie cilindriche per tubi di stufe, grondaie ed altre cose; nel modo più facile, cioè piegando de' fogli sottili piani di rame o di latta, e congiugnendone due lati opposti. Le caldaie cilindriche delle macchine a vapore sono da noverarsi fra le opere le più importanti in cotesti generi di costruzione; le quali si formano mercè la unione di fogli ricurvi e chiodati gli uni presso gli altri. Al primo o al secondo metodo si riferiscono tutti gli altri mercè i quali i cilindri o i tubi cilindrici per varie arti soglionsi costruire; cioè o tirandoli per trafilà, come si usa per i fili metallici, le barre di ferro rotonde, i tubi cilindrici di piombo, ec.; o mercè la fusione, come per i tubi di

ferro che si usano nelle città a condurre le acque o il gas, e per i corpi di tromba ad acqua ad aria a vapore; o mercè la foratura, come per i cannoni; o per segatura, come nei molini a segare suol praticarsi, imprimendo alla sega, o al corpo che si vuol lavorare, un convenevole movimento di rotazione combinato con un altro di progressione. Le proprietà de' cilindri spettano pure alla geometria descrittiva per la determinazione delle ombre, e per rappresentare su de' piani la proiezione delle linee curve. Finalmente le applicazioni che del cilindro si fanno ai bisogni delle arti sono altrettanto numerose che importanti; perciocchè i vantaggi che negli effetti apportano delle macchine i movimenti continui ed uniformi, han suggerito ai meccanici di usare il cilindro o le combinazioni di cilindri, convenevolmente preparati, per produrre effetti svariatisimi: cosicchè vediamo queste figure nei laminatoi di metalli, nelle macchine a fabbricar carta, nei torchi da stampa e da litografia, nella fabbricazione del ferro e riduzione di esso in barre, nella cardatura del cotone e della lana, nonchè nella separazione della canape e del lino, e nella filatura meccanica di questi generi. Ed è pure all'uso di un ponderoso cilindro per operare il consolidamento de' massicciati o inghiaamenti delle strade, i quali dal nome dell'inventore diconsi alla Mac-Adam, che devesi il più importante perfezionamento che in cotesto genere di costruzioni siasi mai apportato.

8. Se la retta, che abbiám supposta girarsi parallelamente a se stessa intorno la circonferenza di un cerchio per produrre un cilindro, si muovesse non già nel senso indicato, ma stando fissa in un punto, mentre che si aggirerebbe intorno al cerchio; essa descriverebbe un cono: del quale la geometria

ne fa conoscere, una alla genesi, le proprietà e la misura. Cotesta figura in molte scienze ed arti occorre; perocchè l'architetto ed il carpentiere l'usano per formare la covertura delle torri circolari: il primo immagina, e lo scalpellino ed il marmoraio eseguono i fusti delle colonne degli edifici di una figura composta da cilindri e da con-tronchi, o da questi assolutamente. Di una simil figura il carpentiere costruisce gli alberi delle navi. L'artigliere fabbrica i suoi cannoni dando ad essi la forma di una serie di con-tronchi. Il cappellaio impronta delle forme coniche ai feltri di cui fabbrica i cappelli. Il meccanico impiega delle ruote d'ingranaggio coniche per trasmettere de' movimenti di rotazione da un asse ad un altro, allorchè i due assi non sono tra loro paralleli. Ma soprattutto l'ammirabile fenomeno della visione si effettua col mezzo di superficie coniche, le quali si disegnano nello spazio da' raggi di luce che spandonsi in tutt'i sensi da' corpi luminosi, e ritraggono nel fondo del nostro occhio con la maggior precisione gli oggetti che riguardiamo. Alla osservazione del qual fenomeno dobbiamo la invenzione della camera oscura del sommo italiano Giambattista della Porta. Ed a questa forse la grande scoperta del francese Daguerre, mercè la quale si è giunto a fissare stabilmente su di un'argentea lamina quella immagine fugacissima, quanto perfetta, che si pinge nel fondo della camera oscura. In cennando la quale, un sentimento di pari ammirazione e giustizia ne spinge a nominare con egual lode l'inglese Talbot, che simili effetti nel tempo stesso ha prodotti su carta convenevolmente preparata; la perfezione de' cui saggi se non è per anco giunta a quella delle dagherriane immagini, è però tale che poco lascia a

desiderare per effetto e precisione di disegno ; oltrechè non lieve vantaggio offre al paragone cotesco nuovo metodo di pittura spontanea ed istantanea , per la semplicità della materia che richiede. Noi dobbiamo alla cortesia del ch. Cav. Tenore Presidente della Reale Accademia delle scienze, di averne fatto ammirare di cotesti saggi che a lui l'amico Talbot in dono inviava.

9. La geometria applicata alle arti distingue le superficie sviluppabili da quelle che essendo tortuose non possono svilupparsi senza essere obbligate a distendersi o ad accorciarsi in alcune parti. Il cilindro ed il cono, di cui abbiám parlato, presentano, com'è chiaro, nelle loro superficie delle figure sviluppabili. Tutti gl'involuppi che sogliamo fare per conservare degli oggetti, con de' fogli flessibili e piani, di qualunque materia fossero; come le coperture per imballare le stoffe, le scatole, gli astucci, i foderi d'armi, ec. sono delle figure sviluppabili. Tali sono pure le tappezzerie ed i panneggiamenti onde l'interno de' nostri appartamenti usiamo decorare; nei quali, mercè delle ben intese combinazioni e curvature delle pieghe, si producono quelle forme svariate ed eleganti che il buon gusto richiede. Nella costruzione de' vascelli spesso occorre di dover segare de' pezzi di legname secondo figure curve sviluppabili; e figure di tal fatta sono pur quelle che si usano per rivestir di tavole le navi e per foderarle; nonchè quelle altre che si adoperano in architettura per coprire di lamine metalliche le cupole. Il calderaio il padellaio il lattaio producono continuamente per le loro arti figure di siffatte specie. I sarti e le modiste per una ingegnosa combinazione di parti di figure sviluppabili, giungono a dare alle nostre vestimenta le forme esatte che

si richieggono perchè potessero bene sul corpo adattarsi, conservargli la libertà de' movimenti, e presentare ad un tempo quella convenevolezza quella grazia ed eleganza che in siffatte bisogne massimamente si richiede. Le superficie tortuose poi le veggiamo nelle ali de' molini a vento, nelle scale dette di *parrocchetto* che si usano su' navigli, e le si producono pure nella costruzione di questi allorchè con mezzi meccanici torconsi delle tavole acciò vestissero di quelli la carena nella parte più ricurva. Da ultimo nell'architettura civile occorrono di siffatte superficie per gli spigoli di alcune volte, e nelle scale *giranti*.

10. Dopo le piane, le superficie di rivoluzione sono le più facili a costruirsi, e quelle che più di frequente si producono nelle arti. Oltre le cilindriche e le coniche, di cui abbiám parlato, le quali sono pure di rivoluzione, perchè risultano dal movimento rotatorio di una retta, la superficie della sfera è forse tra quelle di siffatta categoria la più importante e la più feconda di applicazioni; il che della sfera stessa è pure a dirsi. Laonde la geometria, dopo che ne ha di questa figura dimostrate le proprietà e la misura, ne insegna, sulle sue stesse proprietà fondandoli, i metodi diversi onde le sfere o le loro superficie si possono costruire; sia, per le prime, mediante il torno, o il gettarle in forme, come per le palle da cannone e per quelle vuote da bomba si pratica; sia, per le seconde, mercè un aggregato di zone in forma di conitronchi, il che dal cartonaio o dal lattaio suol farsi; ovvero unendo insieme delle porzioni di superficie cilindriche in guisa di spigoli, come si pratica allorchè occorre costruire de' globi di seta di pelle carta cartone o di altra materia, per areostati, pel

giuoco della palla, per mappamondi, ombrelli, paravista semisferici, ec. Ma la geografia e l'astronomia molto traggono dalle proprietà della sfera; imperciocchè dopo che fu scoperto come la figura della terra che abitiamo sia una sfera stiacciata verso i poli, i geografi ne han considerata divisa la superficie per cerchi paralleli e meridiani in tanti quadrati sferici; d'onde la posizione d'ogni punto di essa mercè la numerazione de' gradi di longitudine e di latitudine rimane appieno determinata; il che è il fondamento di tutte le geografiche ed astronomiche ricerche e dell'arte della navigazione. Lo stiacciamento della terra importa pure all'industria di conoscere e valutare; perciocchè esso influisce sensibilmente sulla forza universale della gravità, la quale è maggiore verso i poli che verso l'equatore; il perchè la colonna d'aria che gravita su' poli essendo più pesante di quella ond'è onusto l'equatore, e così variamente nelle zone intermedie, risultano da ciò delle differenze nel giuoco delle macchine idrauliche e delle macchine a vapore. E così pure, mercè di paralleli e meridiani, si è immaginata la sfera celeste, affin di determinare nel cielo la posizione degli astri: supponendo che il cielo fosse una sfera che avesse lo stesso centro ed asse della terra, sulla superficie della quale tutti gli astri fossero situati. Le quali considerazioni ci fan vedere, non senza un dolce sentimento di soddisfazione, come le stesse superficie, le stesse curve, la stessa geometria, servano nel tempo stesso agli umili lavori dell'artigiano ed alle sublimi applicazioni della scienza; la quale discende per tal modo dalla sua inarrivabile altezza fino alle più volgari intelligenze.

Oltre la sfera, si considerano tra le superficie di

rivoluzione le superficie annulari, le quali sono generate dal volgersi di un cerchio o di altra curva intorno ad una retta che non passa pel centro. Tali sono gli anelli che portansi alle dita per ornamento, quelli che si fissano in alcuni siti per legarvi delle corde, quelli altri che si usano sulle navi per fare scorrere una corda tangenzialmente ad un'altra. I vasi rotondi si compongono di parti cilindriche e di parti annulari: le campane delle nostre Chiese di parti coniche e di parti annulari. In Architettura poi occorrono spesso di coteste superficie di rivoluzione, come sono le volte annulari ed alcune delle modanature che si riportano intorno le basi o i capitelli delle colonne o intorno agli archi, come i cavetti i bastoncini gli ovoli le gole i tori. Finalmente, tra le figure di rivoluzione una delle più comuni ed utili all'industria è la botte per contenere de' liquidi; ed appunto la geometria fa conoscere il modo di costruirla e di misurarne la capacità.

11. Le curve e le superficie spirali hanno delle proprietà ed applicazioni molto significanti per le arti. E sopra tutte la vite, invenzione mirabile del principe de' geometri Archimede; della quale usiamo, o per istringere fra loro strettamente più corpi, o per alcuno penetrarne, o per operare una forte pressione, o per sollevare un gran peso: essa ha molto giuoco in meccanica, come più innanzi diremo, e nella fabbricazione degli strumenti d'ottica di geodesia d'astronomia, ne quali de' movimenti per gradi insensibili spesso avviene doversi operare. In forma di viti sono i serpentine da lambicco: mediante un sistema di spirali le stuoie ed i cappelli di paglia sogliensi fabbricare. Ma le più importanti ed utili applicazioni delle spirali avvengono nella fi-

latura del canape del lino del cotone della lana della seta : per eseguire la quale con la maggior celerità e perfezione la geometria e la meccanica hanno ai tempi nostri inventate le macchine più stupende. Ed è ancora per un sistema di spirali variamente combinate ed aggruppate che si formano le diverse specie di corde di cui l'industria e l'architettura navale massimamente fanno continuo uso : per la costruzione e torsione delle quali riescono d'immensa utilità le macchine recentemente inventate dagli Inglesi, mercè le quali si è giunto a ridurre al terzo, ed anche meno, la quantità della materia necessaria per produrre corde di una data resistenza. Da ultimo, l'architettura civile ha fatto pure una bella quanto utile applicazione delle superficie spirali nelle scale che diconsi *a vite* o *a chiocciola*, le quali offrono il vantaggio di occupare il meno possibile di spazio e di potersi perciò stabilire nei siti più angusti delle nostre case.

12. Non meno che le cose dette è importante la teoria delle intersezioni delle superficie, essendo essa il fondamento del disegno delle proiezioni o geometrico come suol dirsi, di cui quasi tutte le arti han bisogno. La geometria descrittiva ne insegna di cotesto disegno le regole, desumendole da' principj delle intersezioni. Da' quali pur deriva la teoria delle ombre e la prospettiva, che interessano non meno all'architetto per giudicare anticipatamente degli effetti delle sue invenzioni, che al pittore per produrre col pennello la più esatta imitazione della natura, e la più perfetta illusione. Però fra le più importanti intersezioni che la scienza considera sono quelle che da un piano ed un cono in varj modi si producono, le quali perciò si appellano *sezioni coniche*; e sono tre: l'ellisse, la

parabola, l'iperbole. Le quali curve, che il Gran Maestro della natura assegnò per cammino ai corpi celesti, e che veggiamo connessi ai più importanti fenomeni naturali, hanno tali e sì belle proprietà che molte utili applicazioni alle arti avviene che di esse si facciano. L'ellisse, di cui la geometria ne insegna le proprietà ed i mezzi meccanici onde descriverla, usasi, attesa la vaga sua forma, così in architettura civile, che nel giardinaggio regolare, ed ha pure delle applicazioni nell'ottica e nell'acustica. La parabola, la quale si descrive da qualunque corpo si proietta in direzione obliqua per gl'immensi campi dello spazio, astrazion fatta dalle variazioni che la resistenza dell'aria vi produce, ne ha fornita recentemente una delle più ingegnose applicazioni alla illuminazione de' fari; perciocchè avendo fra le altre sue proprietà quella di riflettere in direzione parallela all'asse i raggi luminosi ch'emanassero da una luce posta al di lei foco; si costruiscono di rame argentato de' riflettori in forme di paraboloidi di rivoluzione, figure risultanti dal volgersi di una parabola intorno al suo asse: i quali essendo elevati sugli alti fari, ove avvenga che si situi al loro foco una luce, ne riflettono a considerevole distanza, in fasci paralleli, i raggi. E comechè, laddove giacesse immobile un cotal riflettore, la luce non potrebbe vedersi che dal sito in cui il navigante traversasse per l'asse del paraboloide, si è immaginato di far girare, con lento moto di rotazione-continua, il paraboloide attorno di un asse verticale, con che la luce procede gradualmente su tutt'i punti dell'orizzonte, ed il navigatore, oltre che la scorge con certezza, dalle intermittenze di essa ne conosce più sicuramente l'oggetto, e distingue di una stessa costa i diversi fari.

L' intersezione poi del cono con le superficie curve presenta per molte applicazioni , e specialmente all' ottica ed alle belle arti. Imperocchè, pel principio onde avviene il fenomeno della visione, il quale di sopra abbiain cennato, il disegno degli oggetti che si rappresentano in un quadro risulta dalle intersezioni de' cono formati da' raggi visuali con la superficie che fa il fondo del quadro. La quale esser potendo piana o curva, nascono da ciò le diverse applicazioni di questa parte della geometria non meno all' arte del dipingere su' quadri comuni, che sotto le cupole e le volte de' grandi edifici; e ne conseguono pure le norme ond' eseguirsi quelle belle illusioni di ottica e di prospettiva, per le quali si è giunto a contraffare la natura e sorprenderla nelle sue più belle scene: intendiam dire de' *panorami* o vedute universali, i quali rappresentano su di una superficie cilindrica tutti gli oggetti che da un sol punto si scovrono per l'intero orizzonte.

13. Da ultimo la geometria fa obbietti del suo studio i varî generi di superficie tangenti, di superficie in viluppi, e di superficie ad una o più curvature; le quali in molte arti, e massime nelle più difficili e nelle arti belle, spesso avviene di doversi distinguere o riprodurre. La figura del corpo umano ci presenta di coteste superficie infinite varietà e gradazioni, dallo studio profondo delle quali deriva soprattutto la perfezione nell' arte del pittore e dello scultore: e qui intendiamo dire massimamente di quelle varietà innumerabili che appariscono in tutti i possibili movimenti del corpo e nei tratti della fisionomia, per i quali ci si fa manifesto il carattere abituale dell'individuo che contempliamo o figuriamo, e le affezioni da cui l'animo suo è dominato: studio sublime certamente, per lo quale si giugne a

dare quasi lo spirito e la vita a' prodotti di colesti arti d'imitazione.

In una parola, non meno le arti utili che quelle di piacere, e le altre che son figlie dell'immaginazione, debbono alla geometria la convenienza e l'armonia delle proporzioni, la fedeltà delle forme imitate e la perfezione delle forme ideali. Così l'architettura prende dalla geometria le linee e le superficie di cui compone i suoi edifici, e quelle ond'essa dà alle pietre ed ai legnami le forme opportune da cui risultano ad un tempo la forza la durata la leggerezza la eleganza delle costruzioni. La scultura, perchè possa con tutta fedeltà riprodurre gli obbietti che toglie a modello, deve spesso farsi imprestare il compasso dal geometra, e richiede nell'artista che la esercita la conoscenza profonda delle posizioni che convengono a movimenti prodotti secondo linee e piani determinati: la scultura de' bassirilievi, la quale occupa un posto medio tra la semplice proiezione ed il rilievo degli oggetti da rappresentare, ripete dalla geometria le regole onde stabilisce le gradazioni di forma di grandezza e di posizione, che valgono a distinguere gli oggetti situati alle diverse distanze che si figurano in codesti quadri a tre dimensioni. La pittura anch'essa ha d'uopo de' principi geometrici, pe' quali si determinano le grandezze le forme e le gradazioni di tinte che convengono alle diverse posizioni degli oggetti, nonchè le direzioni, i contorni, le sfumature della luce che illumina quegli oggetti, de' riflessi ch'essa fa nascer, delle ombre che proietta. Finalmente la musica ha pur essa intime relazioni con la scienza della estensione; la quale fa conoscere le forme, le proporzioni, le dimensioni degli strumenti ch'essa usa, e dà i mezzi meccanici onde aversi un in-

dicatore universale del tempo, il quale costituisce di essa la misura, il movimento, il carattere.

II.

1. Esposte così per cenni le principali applicazioni della geometria alle arti, passiamo a far motto di quelle che risguardano la meccanica, la quale nel senso più generale della parola è la scienza che fa conoscere le leggi cui son sottoposte le forze che agiscono su' corpi di ogni specie. La meccanica industriale, della quale particolarmente facciam nostro tema, ha per obbietto di accrescere ed economizzare le forze fisiche dell'uomo, e di supplire ad esse mercè l'uso de' possenti motori della natura, per la esecuzione degli svariati lavori che l'industria richiede. Il perchè essa prende a considerare i motori diversi ed i modi più utili onde si può farli agire; i vari mezzi che vi hanno per trasmettere e modificare l'azione di alcuno di essi, o per eseguire qualunque lavoro meccanico; e finalmente le relazioni generali che passano tra' motori le macchine ed i lavori industriali.

Lo studio del moto e delle sue leggi ne fa conoscere principalmente l'indole di quella forza che resiste ad ogni cambiamento di stato di un corpo, sia dal riposo al moto, o viceversa, che *inerzia* si addimanda; gli effetti della quale per riguardo alle macchine è necessario che gli artisti conoscano, per poter prevenire de' guasti e delle fratture che inevitabilmente in quelle avverrebbero se troppo bruscamente vi si trasmettesse della forza per porle in moto, ovvero se stando in moto si volessero istantaneamente ridurle alla quiete. La qual forza, ch'è una delle leggi fondamentali del mondo fisico, spie-

ga la inutilità de' tentativi alcune volte fatti da' naviganti di lanciare, legandola ad una palla da cannone, una catena o una corda a terra, quando alcuna nave restando poco da questa discosta si trovava in balia della tempesta; perchè la catena, anzichè giugnere a riva, spezzavasi infallibilmente per la veemenza e la istantaneità del moto impressole.

La gravità, altra forza universale della natura, le cui leggi come han luogo nelle vicinanze di nostra terra l'immortale Galilei scopriva e dimostrava, e dipoi il sommo Newton all'intero sistema planetario estendeva, ne fa giudicare del peso de' corpi in diversi siti ed altezze in cui si trovassero, degli sforzi che occorrono per sollevare o trasportare altrove de' pesi dati, o di quelli che d'altri pesi possono attendere allorchè si fa servire la gravità loro come forza motrice, sia che operasse per pressione, come negli orologi a pendolo ed in altre macchine, sia per percussione o per impulso, come in tutti gli strumenti o le macchine in cui si fanno agire de' martelli, delle correnti d'acqua, e come nelle terribili macchine da guerra.

Una delle utili applicazioni delle leggi della caduta de' corpi gravi è quella di misurare le altezze dal tempo che un corpo abbandonato a se stesso impiega per percorrerle, il che per un esattissimo oriuolo, che rappresenti le parti minime di secondo, agevolmente si consegue.

L'effetto utile di ogni motore vien determinato dal prodotto della massa del corpo ch'esso fa muovere per la velocità con che avviene questo movimento, ossia dal prodotto della massa e dello spazio percorso, diviso pel tempo in ciò impiegato; d'onde il principio ammesso dalla convenzione universale de' meccanici, di riferire ogni effetto a

quello dello innalzamento di un dato peso ad una data altezza in un tempo dato. Pel quale ognuno intende come un motore di forza limitatissima, un uomo per esempio, possa elevare mediante una macchina un peso enorme, ma però a poca altezza, ed in un certo tempo; perciocchè l'effetto sarà sempre ne' limiti della forza dell'uomo, nè mai potrà sorpassarli; mentre se si volesse guadagnare nell'altezza o affrettare l'opera, sollevando lo stesso peso, bisognerebbe impiegare un motore più possente. La conoscenza del qual principio, la cui mercè si calcola l'effetto utile di ogni macchina, vale a disingannare coloro che credono potersi produrre mediante una piccola forza un grande effetto; e ne dà le guide più sicure per giudicare del merito delle macchine esistenti, e procedere nella invenzione delle nuove, senza smarrir la mente in assurde congegnazioni.

Se un corpo si sospende ad un filo successivamente in diverse posizioni, la linea che segna per entro di esso la direzione del filo passerà sempre per un punto unico, ch'è il centro di gravità del corpo. La conoscenza del quale è di molta importanza per l'equilibrio ed il movimento de' corpi; è necessaria agli artefici, che debban posare de' corpi, destinati a stare in riposo, in una data situazione, o che debbano fare avanzare de' corpi in linea retta senza farli girare, o che vogliano arrestare de' corpi che in siffatto modo si avanzassero. Il corpo dell'uomo ha il suo centro di gravità come tutti gli altri corpi, il quale cambia di sito secondo che l'uomo muove qualcuno de' suoi membri, o porta qualche peso. Quegli che cammina o che trasporta de' pesi fa naturalmente di tali movimenti che la perpendicolare che passa pel suo centro di gravità non esca dal

piede che posa a terra. Il soldato che porta il sacco sulle spalle è obbligato di curvarsi alcun poco avanti; per cui la forma del sacco, che in tempi meno illuminati era di molto prominente, si è resa assai più piatta, acciò il curvamento fosse il meno possibile, ed il fantaccino ne venisse meno incomodato. Per la stessa ragione, chiunque porta un peso, in qualunque modo, deve curvare il corpo dalla parte opposta, acciò conservi il suo equilibrio: un portatore d'acqua va assai meglio caricato portando due secchi d'acqua pendenti a' due estremi di un'asta, che portandone un solo: ed in generale, caricando egualmente le due parti opposte del nostro corpo, si trasportano con più facilità e meno fatica de' pesi maggiori che se una sola sen gravasse. La conoscenza del centro di gravità del nostro corpo e delle varie posizioni ch'esso prende ne' diversi movimenti che facciamo, è necessaria oltremodo agli artisti; cioè ai pittori ed agli scultori, per non porre in falso le loro figure, ossia in posizioni tali in cui una persona vera non potrebbe reggersi; a' danzatori, per ben equilibrarsi in tutt' i movimenti che fanno; ed agli schermidori massimamente, ne' quali il peso del corpo dovendo portarsi abitualmente sul piede sinistro, che resta in dietro, bisogna che il centro di gravità di quello sia in una verticale che passi sempre per questo piede: la qual condizione obbliga a portare l'alto del corpo assai in dietro, ed a stendere in dietro la mano sinistra, per fare equilibrio col braccio destro e con la gamba dritta che sono innanzi.

Non meno interessante è la determinazione del centro di gravità delle parti stabili e mobili di ogni macchina. Allorchè si carica un carro a due ruote, è necessario che il centro di gravità si acco-

sti al possibile al piano verticale che passa per l'asse; perchè se il peso fosse troppo inuanzi, schiaccerebbe il cavallo; se molto in dietro, tenderebbe a sollevarlo da terra, e gli toglierebbe forza e velocità; oltre che sarebbe ciò pericoloso nelle salite alquanto erte. Nella costruzione di una nave, e nella disposizione delle mercanzie su di essa, è necessario calcolare la posizione del centro di gravità di ogni sua parte e di ogni oggetto che contiene, per conoscere quello dell'insieme, ed assicurarsi ch'esso soddisfaccia alle condizioni di equilibrio e di stabilità.

La conoscenza de' centri di gravità fornisce un metodo semplicissimo per trovare i volumi di alcuni corpi che sarebbe difficile misurare altrimenti, il quale è usato dagli architetti per determinare i volumi de' materiali che contengono nelle scale a vite, nelle volte annulari, ec.; dagli ingegneri de' ponti e strade per calcolare i cavamenti ed i riempimenti de' canali; dagli artiglieri per calcolare il volume delle parti annulari delle bocche da fuoco; da' costruttori di navi per misurare il volume de' legnami di forme svariate, ec.

Le forze che investono i corpi esser possono una o più, le quali alcune volte agiscono secondo una stessa linea, ma in direzioni opposte, alcune altre secondo linee poste in piani e direzioni diverse: in tutti questi diversi casi si ha l'equilibrio, oppure una risultante delle diverse forze per una sola direzione, la quale la meccanica rinviene e determina. Il principio del paralellogrammo delle forze, mercè il quale si giugne a questo risultato col risolvere le forze prese a due a due in una terza eguale a quelle nello effetto, la quale è rappresentata nel valore e nella direzione dalla diagonale di un pa-

ralellogrammo, di cui le forze stesse dinotano i lati, è de' più importanti e generali della meccanica; le cui applicazioni ad ogni sorta di macchina e ad ogni sorta di forze combinate si estendono; nonchè a tutt'i movimenti delle nostre membra; ed al giuoco degli strumenti di cui usiamo nelle arti. Per cui in ogni caso è duopo considerare se le forze componenti onde facciamo uso sono in modo dirette a produrre una risultante nel senso il più opportuno e vantaggioso, ossia con la minima perdita di forza. Il quale studio essendo fatto con attenzione e perseveranza, apporterà negli opifici e nelle manifatture una considerevole economia di forze e di tempo, e perciò di spese. La natura ci presenta da per tutto gli esempi di cotesto paralellogrammo delle forze, nel volo degli uccelli e nel nuoto de' pesci, ove le ali de' primi e le pinne de' secondi rappresentano i lati del paralellogrammo, ed il corpo la diagonale: il quale lo si vede pure nel cammino delle navi, nel tiro dell'arco ed in moltissime altre cose.

La conoscenza delle leggi del paralellogrammo delle forze e del centro di gravità valgono pure in alcuni casi a farci ovviare a gravi pericoli. De' quali si ha un esempio in quegli accidenti funesti che avvengono quando taluno che trovisi in carrozza cui trasporti furiosamente la foga d'indocili destrieri, tenti saltar giù sulla strada per iscansarsi dal pericolo ond'è minacciato; il che d'ordinario appor- ta un'assai pernicioso caduta, e con essa la frattura di alcune membra o la morte. La qual cosa nasce da che in tali casi il corpo dell'uomo è animato, nell'atto del saltare, da due forze, una orizzontale che gli è impressa dal moto della carrozza, l'altra verticale, ch'è effetto della propria gravità;

per cui la risultante obliqua di ambedue, ovvero la diagonale, che passa pel centro di gravità, non passando egualmente per li piedi, fa cadere a terra la persona; il che non avverrebbe certamente ove questa inchinasse molto, nel lanciarsi, la parte superiore del corpo verso il lato donde viene la carrozza. Per un tal tristo accidente sarà mai sempre di dolorosa rimembranza per la Francia il giorno 13 Luglio, in cui si ebbe a deplorare nel passato anno la morte dell' Augusto Principe Reale, ch'era di quella nazione l'onore e la speranza.

2. I principi generali di sopra cennati si applicano immediatamente al giuoco delle macchine, le quali sono delle combinazioni di parti materiali atte a trasmettere una forza qualunque, modificandone a seconda de' nostri bisogni la direzione o la velocità. E primieramente si applicano alle macchine semplici, le quali son sette, cioè, le corde, la leva, la puleggia, l'argano, il piano inclinato, la vite ed il cuneo: alle quali tutte le altre, che da esse son composte, si riferiscono.

Per facilitare lo studio delle corde che s'impiegano a trasmettere delle forze o sostenere de' pesi, i meccanici le suppongono dapprima interamente flessibili inestensibili e prive di peso, e dipoi ricercano, mercè la teoria e l'esperienza, quali variazioni possono esser prodotte nei risultati primitivi de' calcoli dalla rigidità estensibilità e peso di esse.

Le forze applicate alle corde possono applicarsi agli estremi di esse, in linea retta, oppure obliqua; nell'uno e nell'altro caso, pel semplice principio della composizione delle forze, si trovano le risultanti di quelle che in ciascun estremo sono applicate. Nel caso d'equilibrio coteste risultanti debbono avere la stessa direzione della corda, che si suppone

tesa in linea retta; la rottura avrà luogo in quello de' suoi punti ove la sua resistenza non eccede la differenza delle due forze che agiscono rispettivamente ai due estremi. Su questo principio son costrutte le macchine onde suolsi sperimentare la resistenza delle corde di canapa o di ferro. Ed è pure di esso un' applicazione il giuoco de' montoni o battipali, che s' impiegano nelle civili e nelle idrauliche costruzioni per affondare, a forza di reiterate percosse, de' pali sotterra.

Una corda esser può tirata da forze che agiscono in diversi suoi punti intermedi; nel qual caso si forma il poligono funicolare. Al quale si riferiscono le curve catenarie, che son formate da corde sospese per gli estremi a due punti fissi. La meccanica fa conoscere di cotesto poligono e di coteste curve le leggi di equilibrio per ogni caso, e massimamente per quello in cui le forze che agiscono sulla corda seguono direzioni parallele: delle quali cose sono altrettanto numerose che interessanti le applicazioni alle arti meccaniche ed alle belle arti. Le gomeni e le catene, con le quali tengonsi ancorate le navi contro le forze del vento e delle correnti, formano delle catenarie più o meno curve; quelle che si usano per lo tonneggio delle navi stesse, le quali da uomini o da cavalli si fan tirare, mediante delle altre men grosse corde che si applicano in diversi punti di esse; le tante altre corde che servono in diversi modi su' vascelli per sostenere e muovere gli alberi e le antenne, e quelle onde tengonsi i ponti-volanti per lo passaggio de' fiumi, presentano tante varietà del poligono funicolare e della catenaria. Ma fra le più belle ed utili applicazioni di tai cose sono a noverare i ponti sospesi, invenzione mirabile de' tempi moderni; per i quali dal dottissimo

Barone Dupin fu dimostrato la curva formata dalla ferrea corda, o dalla catena, essere una parabola, supponendola egualmente caricata, a distanze uguali, da forze parallele. Da ultimo, la curva catenaria essendo fornita di preziose proprietà statiche, la figura di essa usasi con vantaggio nell'architettura civile per conformare le cupole onde i sacri tempi, interamente o in parte, sogliamo coprire.

Le corde in vari modi combinate con le superficie hanno pur molte applicazioni, e nei vestimenti umani, e negli attaccamenti de' cavalli a' traini; il quale ultimo obbietto ne importa perchè il peso degli arnesi del cavallo fosse il meno possibile, e la forma di essi la più favorevole allo sviluppo delle forze dell'animale; dal che risulta un vantaggio di azione prezioso per l'industria: gl'Inglese ed i Tedeschi fra le altre colte nazioni sono i più inoltrati in cotesto genere di perfezionamenti.

La spirale essendo la linea più breve che si possa segnare su di un cilindro tra due punti della superficie di esso, ove avvenga che una corda in siffatto modo avvolta intorno di un cilindro si tiri per gli estremi, tangenzialmente alla sua direzione, la non cangerà di posizione nè di curvatura; la qual proprietà in molte macchine suolsi applicare.

Le proprietà dell'equilibrio delle corde servono altresì nella musica per l'equilibrio ed il giuoco degli strumenti da corda.

Supponendo che una corda sia tenuta per un estremo, e che l'altro estremo porti un peso al quale s'imprima un moto; questo peso così ritenuto descriverà un cerchio intorno al punto fisso. Nel quale movimento circolare, che avviene pure nei giramenti delle verghe o delle ruote intorno a punti fissi, la meccanica considera le tre forze tangenzia-

le centrifuga e centripeda; delle quali determina i valori rispettivi e le relazioni, e ne rappresenta gl'importanti effetti, così nei movimenti della natura che in quelli dell'arte. Le forze centrale e centrifuga, di cui si ha esempio nel maneggio del cavallo e nel movimento de' cocchi per le svolte delle strade, ne spiegano come avvenga che un cavallo il quale giri rapidamente intorno ad un cerchio, s'inclini dalla parte interna, per non cader riverso dall'opposta; e ne insegnano quanto sarebbe pericoloso spingere troppo rapidamente de' cavalli attaccati ad un cocchio, o montati da cavalieri, per le svolte troppo strette delle strade; come pure per qual ragione una carrozza girando per siffatte svolte tende sempre a rovesciarsi dalla parte esterna, per cui que' tratti di strade giova costruire non già convessi, ma inclinati solamente dalla parte interna; ed inoltre come vadan costrutte le ruote perchè resister possano nel loro movimento agli effetti della forza centrifuga. Così la meccanica, mentre che valuta tutti gli effetti del moto circolare ne' casi i più importanti alla sicurezza de' trasporti e de' viaggi, fa conoscere i principi di costruzione de' carri, fondandoli sulle leggi del moto.

Un operaio che fende con un'ascia o batte con un martello fa percorrere un cerchio al suo strumento, il quale, ove fosse lasciato, scapperebbe per la tangente. Su questo principio si usava ne' tempi vetusti brandire e lanciare la mazza la piccozza la daga la fionda. L'artiglieria impiega de' barili giranti sul loro asse per rinettare le palle di piombo o sruccinare quelle di ferro, ovvero per ridurre in granellini la polvere tonante. La natura ci offre continui esempj di corpi che si muovono in linea cur-

va, però senza che fossero ritenuti d'alcun legame intermedio. Così muovonsi liberamente nello spazio la luna intorno la terra, la terra e gli altri pianeti intorno al sole. Ne' quali movimenti si considerano la forza tangenziale che tende a lanciare costesti pianeti negl'infiniti campi dello spazio, e la centripeta, che li obbliga a contenersi intorno ad un centro di rotazione. Se ambedue coteste forze si bilanciassero, le figure percorse dagli astri sarebbero de' cerchi; ma perchè vi hanno delle posizioni in cui l'una prevale sull'altra, nascono da ciò le curve allungate, o ellissi, di cui la terra è il foco per quelle che descrive la luna, e il sole il foco per quelle che segue la terra e gli altri pianeti. Così pure, pel movimento della terra intorno a se stessa, ciascun punto della sua superficie è investito da una forza tangenziale, oltre alla forza centripeta: le quali due forze son varie ne' diversi punti della terra in cui il raggio è più o men lungo. Le oscillazioni del pendolo, che appartengono alla classe de' movimenti di cui parliamo, e le belle proprietà che le caratterizzano, scoperte dal genio dell'immortale Galilei, han menato alla determinazione esatta della forma della nostra terra, della misura di essa e del tempo; dal che si è dedotto un metro universale, che si è fatto eguale ad una parte aliquota del meridiano terrestre; il quale essendo perciò connesso colle dimensioni della terra, durerà quanto essa.

3. La leva può ben dirsi esser l'anima della meccanica, poichè ha luogo o apertamente o celatamente nella composizione di quasi tutte le macchine, nonchè nel mirabile magistero delle macchine animali. Di essa ve ne hanno di tre generi, secondo la posizione che vi tengono rispettivamente la

potenza la resistenza e il punto fisso che n' è il fulcro; ed esser può diritta o angolare. Il suo obietto alcune volte è di modificare l'azione della potenza, alcune altre di cambiarne la direzione o trasmetterne a qualche distanza l'energia. La celebre macchina di Marly, mercè la quale elevavasi l'acqua della Senna fino al piano della Reggia di Versailles, all'altezza di oltre a 600 palmi, presentava delle belle combinazioni di leve diritte ed angolari, mercè le quali operavasi siffatta lontana trasmissione del moto, che le acque del fiume imprimevano alla gran ruota. Per un sistema di leve angolari son costrutte que' congegni di campanelli che usiamo nelle nostre case per chiamare qualcuno dalle stanze più interne fin fuori alla sala. Però, quel che più importa, è che mediante le leve possiamo con poche forze produrre effetti considerevoli; non già ch'esse valessero a crear forze novelle, ma per le modificazioni della potenza che risultano dalle relazioni tra le lunghezze delle braccia ad essa ed alla resistenza rispettivamente corrispondenti. Il perchè nsiamo le leve tutte le volte che occorre rimuovere grandi pesi. Le tanaglie i martelli biforcati le morse le forbici, sono tante leve onde suolsi nelle arti sverre alcuna cosa che fosse tenacemente fitta in nn'altra, o tenerla fortemente, o tagliarla, ec. E così pure le bilance sono leve ad uguali braccia, le stadere i timoni delle navi sono leve del primo genere; i remi onde si fan camminare le barche sono leve del secondo genere; la penna il pennello il portalapis ci offrono esempj delle leve del terzo genere.

La macchina umana ci presenta un sistema di non meno di 90 leve nelle braccia e nelle gambe, le quali sono alternativamente tirate e spinte da 180

gruppi di corde, che sono i muscoli, attaccate di qua e di là di ogni punto d'appoggio. Alla quale molteplicità di leve e di corde dobbiamo certamente la nostra destrezza ed attitudine in eseguire le più difficili e delicate operazioni.

Nelle arti formansi spesso delle combinazioni di leve e di corde: i telegrafi ne danno un esempio.

Se mediante una sola leva si dovesse superare una grandissima resistenza, bisognerebbe che un braccio di quella fosse eccessivamente lungo, il che nella pratica sarebbe d'impossibile esecuzione. L'onde si sono inventate delle combinazioni di più leve, mercè le quali si producono sforzi considerevolissimi: di tal fatta sono le macchine onde sogliamo sperimentare la resistenza delle catene di ferro alla rottura; e quelle altre, non ha guari immaginate, per dimostrare l'allungamento delle sbarre metalliche allorchè si espongono all'azione del calore, e misurarne tra' metalli diversi le relazioni.

4. Le pulegge pur sono tra le macchine semplici di un'alta utilità nelle arti. Esse si distinguono in fisse o mobili, secondo che la sola ruota vi si muove, ovvero questa e l'asse e l'armadura ad un tempo; ed in pulegge composte o polispasti: de' quali vi sono di varie forme: alcuni che hanno molte ruote sullo stesso asse; altri molti assi sulla stessa armadura. Le pulegge semplici e le composte possono pur tra loro in vari modi combinarsi; le quali combinazioni, che la meccanica insegna e di cui mostra gli effetti, hanno mai sempre per iscopo di produrre de' grandi sforzi, massime in alzar pesi: i quali sforzi però, non altrimenti che diciamo per le leve, non importano mai aumento, ma solamente modificazione della potenza motrice. La fabbricazione delle pulegge è un obbietto assai im-

portante, per la marina massimamente; il perchè di alta lode è meritevole l'invenzione dell'insigne ingegnere Brunel di una macchina per tal uopo; la quale, essendo animata dal vapore o da qualunque altra potenza, opera con una perfezione celerità ed economia di spesa che veramente è ammiranda.

5. I verricelli e gli argani sono pure tra' principali componenti delle macchine: ne quali la potenza agisce sulla circonferenza di una ruota, mentre che la resistenza è alla estremità di una corda avvolta intorno ad un cilindro che ha lo stesso asse della ruota. Dell'una e dell'altra la scienza dimostra le varietà e le relazioni ne' casi di equilibrio e di moto. Gli argani, di cui vi hanno di varie forme, servono in molte arti, e massimamente nelle civili e navali costruzioni, nonchè nelle manovre su' vascelli, nell'artiglieria, ec. Ai verricelli si riferiscono molte altre macchine, cioè: le ruote a caviglie, che son mosse da uomini, i quali agiscono ad un tempo con le mani e co' piedi, montando su delle caviglie che son piantate a dritta e sinistra del contorno di una ruota; le ruote a tamburo, così dette perchè sono a guisa di tamburi, in alcune delle quali s'introducono degli uomini che col loro incessante avanzarsi da una banda e sforzarsi di montare su regoli aderenti alla superficie cilindrica di quelle, mentre che il loro peso li restituisce mai sempre al punto delle mosse, fan così aggirar la ruota; ed in alcune altre il tamburo che forma la ruota è guernito allo esterno di scaglioni, su' quali alcuni uomini che tengonsi per le mani ad un regolo fisso indipendente dal sistema, operano allo stesso modo che nelle altre. Coteste ultime ruote sonosi d'alcun tempo, e con buon successo, introdotte nelle prigioni d'Inghilterra per

dare ai detenuti una utile esercitazione, e preservali dal detestabile ozio. Inoltre, le grue onde sogliamo caricare e scaricar le navi e sollevare generalmente grandi pesi, sono delle combinazioni di argani di pulegge e di ruote: e così pure le capre. Ed a coteste macchine voglionsi pur riferire le ruote di trasmissione e modificazione del moto, i quali effetti si operano la mercè di corde o corregge o catene senza fine che passano per le circonferenze di due ruote disposte in uno stesso piano; le ruote dentate che servono agli stessi obbietti, ma col mezzo d'ingranaggi immediati; le ruote delle carrozze; gl'ingranaggi di ruote dentate e rocchetti; i martinetti. Di tutte le quali macchine la efficacia di azione dipende da un solo semplicissimo principio, il quale ove si prenda dal punto più generale di veduta, può ben ridursi a quello della leva.

6. Delle macchine che abbiám cennate, le corde possono non avere alcun punto fisso; la leva e la puleggia ne presentano un solo per ciascuna; due il verricello e l'argano. Oltre di esse vi hanno poi delle altre macchine che presentano tre punti fissi, le quali sono i piani stabili orizzontali o inclinati. Allorchè un corpo pesante vien posto su di un piano fisso orizzontale, il suo equilibrio, secondo che esso vi poggia per uno o più punti, o che vi riman fisso, ovvero che vi va soggetto a de' movimenti, è sottoposto a leggi determinate, le quali per molte applicazioni ne interessa di conoscere, e massimamente per ciò che riguarda la stabilità, de' vascelli, dal che la vita e la ricchezza degli uomini, nonchè l'onore e la forza degli Stati spesso dipendono. Allorchè un corpo pesante vien posto su di un piano inclinato, ha bisogno di esservi ritenuto da una forza e

sterna, affinchè il suo peso nol tirasse giù pel piano. La meccanica determina quale esser debba cotesta forza, secondo ch'essa agisca orizzontalmente o parallelamente al maggior pendio del piano. Come pure ne fa conoscere le condizioni dell'equilibrio di un corpo che da molte forze variamente dirette venisse spinto contro di un piano fisso; ovvero di un altro corpo che venisse abbandonato al suo peso su di un piano in diversi modi inclinato. I quali principi son fecondi di numerose applicazioni per l'equilibrio ed il moto de' carri: ed è ad essi che dobbiamo una delle più felici ed utili invenzioni de' tempi moderni, quali sono le strade ferrate.

7. Come la geometria considera la vite per la sua figura e la genesi e la proprietà della elice da cui vien formata; così la meccanica la riguarda siccome una delle macchine semplici: della quale perciò determina le leggi dello equilibrio e le relazioni delle forze che su vi si fanno agire e delle resistenze che per essa vengono superate; come pure le molte e diverse applicazioni di essa in tanti bisogni delle arti e delle industrie. Vi hanno de' sistemi di viti a dadi stazionari, ne' quali si fa avanzare e rinculare la vite girandola in un dado fisso; e degli altri a vite stazionaria, ne' quali fa girarsi il dado intorno la vite. Sonovi delle viti a pani triangolari e delle altre a pani rettangolari, semplici o doppie. Ve ne hanno di quelle che diconsi a *verricelli*, il cui obbietto è di elevar pesi. Delle altre che si denominano *senza fine*, le quali in molte macchine si usano per comunicare il moto a ruote dentate. Si può pure combinar la vite con l'argano per giovarsi in una macchina composta degli sforzi riuniti di ambedue coteste macchine semplici. Il potere della vite in operare una gagliardissima pressione

ci si presenta di continuo all'occhio, riguardando i torchi onde soglionsi premer le uve o le olive, le morse de' fabbri, i torchi de' librai, ed altre simili macchine. Ma certo farà ad ognuno le meraviglie in sentire che un Geremia Lorsoni sollevava col mezzo di viti, per alquanti palmi, il Campanile della Chiesa di S. Lorenzo in Rotterdam, di cui rifaceva le fondamenta, sulle quali dipoi saldo e diritto rimettevalo.

8. Resta a dire del cuneo tra le macchine semplici, l'uso del quale non è meno esteso nè comune che delle altre. Perocchè veggiamo questo semplice strumento usarsi da' tagliatori di pietre per fendere e squarciare de' grossi rocchi; ed in molte altre arti per obbietti diversi; dappoichè i coltelli le forbici le sciabre le asce le pialle i tagliuoli le vanghe le pale le marre i picconi ec., sono tanti cunei. Ai quali strumenti possonsi pur molti altri riferire che presentano un sistema di cunei, i quali agiscono su' corpi non direttamente nè di taglio, ma strisciando; come sono le seghe rettilinee o circolari, le quali presentano nei loro denti una serie di cunei la cui forma e grandezza varia secondo i corpi a segare; e così pure le falciuole le falci le lime le raspe i cardi le striglie i pettini l'erpice il rastello ec. Le scimitarre degli Orientali, arme terribile, si fanno agire strisciando a somiglianza delle seghe circolari, per cui cagionano profondissime ferite. Inoltre, per pulire alcuni prodotti delle arti s'impiegano de' corpi le cui molecole presentano naturalmente la forma di cunei aguzzi e durissimi; come sono la pietra pomice le arene ec. Le mole de' molini operano lo sgretolamento de' grani per l'azione di tanti cunei, quali sono le asprezze che a bella posta si ricacciano a forza di mar-

tellina sulle loro superficie giranti. Vi hanno altresì de' cunei di forma conica o piramidale, come sono i punteruoli i chiodi, e molti strumenti da guerra o per usi civili, come la spada la baionetta la brocca gli aghi le spille, gl'istrumenti dell'incisore dello scultore ec. Da ultimo sa ognuno che la natura ha provveduto alcuni animali di cunei di forme ed usi diversi, quali sono i denti le corna le unghie gli artigli.

La meccanica ha fatte delle ingegnose combinazioni della vite e del cuneo: tra le quali la più interessante è certamente la trivella onde si usa perforare la terra per iscovrire i minerali che essa contiene nel suo seno, o formare de' pozzi artesiani, i quali, come in altro nostro lavoro dicemmo (1), sono di un altissimo vantaggio per l'agricoltura e per l'industria.

Tali sono le macchine semplici o elementari, dalle cui diverse e molteplici combinazioni risultano le innumerevoli altre macchine che l'umano ingegno ha fin oggi inventate, o potrà inventare. Perciò lo studio di esse e delle leggi del loro equilibrio e del loro moto è oltre ogni dire interessante, come quello che abbraccia l'indefinito campo delle arti meccaniche ed industriali.

9. I risultamenti de' calcoli che la meccanica ne offre per la determinazione degli effetti delle macchine son soggetti nella pratica a parecchie modificazioni a riguardo dell'attrito, ovvero di quella resistenza che oppongonsi scambievolmente nello scorrere l'uno sull'altro i corpi della natura; la quale perciò la scienza si fa eziandio a considerare e valutare, giovandosi in ciò de' lumi combinati della

(1) *Ved. fasc. 47 Annali Civili.*

teoria e della speranza. Sono celebri a tal riguardo le sperienze del dottissimo Coulomb, per le quali può ben dirsi rimanere cotesto importante argomento del tutto esaurito. Eppure sulla resistenza dell'attrito alcuni meccanismi sono stabiliti; vogliamo dire que' congegni onde usiamo frenare il corso delle carrozze per le strade declivi, e quelli altri che servono a scemare o a fermare affatto la rotazione delle ali de' molini a vento.

Inoltre sono pure un tema assai importante delle meccaniche investigazioni alcune altre resistenze che oppone la materia alle forze che su vi si fanno agire, quali sono le pressioni le tensioni e l'elasticità in generale. Comunemente distinguonsi i corpi in molli ed elastici, secondo che cedono irremissibilmente alle pressioni che soffrono, ovvero cedono e si rimettono, non appena la forza premente abbia cessato di agire. I corpi elastici per compressione rendono all'industria molti servigi, nel ripartire egualmente su di una estesa superficie delle pressioni che si esercitano in un sol punto. Così ne' torchi s'impiegano delle materie elastiche per far combaciare interamente il foglio di carta o di stoffa contro la lastra metallica che porta inciso il disegno. Così pure, dovendosi lavorare de' corpi duri soglionsi involupparli di altri corpi teneri, fosse piombo o legno o altro; con che la pressione delle morse diffondendosi su di una larga superficie, non lascia in quelli alcuna impronta. Lo stesso è a dire dello imballare gli oggetti. Inoltre le corde di canapa di cotone di seta ec., ed i fili metallici, sono dotati di una certa elasticità per cui resistono al distendimento, della quale giovasi l'industria allorchè trattasi di comunicare da una ad un'altra ruota un movimento di rotazione mercè una corda o una cor-

reggia senza fine che avviluppa, restando ben tesa, una parte delle circonferenze delle due ruote.

Allorchè una corda che sia fortemente tesa si pizzica in un punto della sua lunghezza, e la si lascia tosto, essa acquista un movimento più o meno rapido, che dicesi di vibrazione, durante il quale agitando essa fortemente l'aria circostante, produce il suono. Si è osservato che a proporzione che si aumenta la tensione di una stessa corda, i suoni resi nelle vibrazioni di essa diventano sempre più elevati, e passano per gradi dal grave all'acuto. Tra l'infinita varietà de' suoni che possonsi per tal modo produrre ve ne hanno alcuni che piacciono al nostro orecchio, e che sono perciò atti a far parte di un sistema musicale. L'esperienza ha stabilito quali esser debbano le relazioni tra le tensioni di una stessa corda, cioè a dire, per quali pesi debbansi produrle per ottenerne i tuoni musicali. Laonde la determinazione de' suoni nella musica è il risultato di una sperienza di meccanica.

Allorchè s'impiega la stessa sostanza per la formazione delle corde si è osservato che per una lunghezza data i suoni diventano altrettanto più gravi per quanto son maggiori i diametri delle corde; per cui sono state determinate le relazioni tra l'elevazione de' suoni e il diametro delle corde di diverse sostanze. Gli strumenti da corda son composti da un certo numero di corde metalliche, o formate con le budella di animali, le cui grossezze e lunghezze sono in modo combinate da produrre la successione de' suoni musicali entro alcuni limiti. Una stessa corda conservando una tensione costante, se si diminuisse la sua lunghezza, i suoni ch'essa può rendere diventano più acuti, ed al contrario più gravi allorchè la lunghezza si aumenta; laonde si

usano in alcuni strumenti da corda de' pedali, i quali sono delle leve con cui premonsi de' punti fissi nella lunghezza delle corde, per diminuir questa e far produrre successivamente alle corde suoni più o meno elevati, con che si aumenta di molto la ricchezza dello strumento.

L'elasticità de' fili combinati è di un vantaggio relevantissimo per le stoffe ed i cordami che da quelli son composti: la quale mentre contribuisce alla facilità della fabbricazione di quelle e di questi, impronta alle prime tali qualità per cui le si possono bene adattare sulle forme del nostro corpo, cedere alle distensioni prodotte ne' suoi movimenti, specialmente verso le articolazioni, e riacquistar sempre le forme primitive, così combinando la eleganza di queste con la comodità de' vestimenti. Alcune parti de' quali, che son destinate a sostenere o a serrare con forza o a vestire delle membra assai pieghevoli, han duopo di una particolare elasticità, come sono gli straccali le cinture i legami i guanti le calze le scarpe, ec. Il perchè si usano per tali oggetti delle materie artefatte che posseggono in grado eminente la proprietà della elasticità, e si praticano de' metodi speciali di fabbricazione; come sono i tessuti a maglie, e quelli formati da fili che seguono una direzione obliqua e sinuosa, per effetto della quale essi acquistano la voluta elasticità. La recente introduzione del caoutchouc o gomina elastica nella fabbricazione di alcuni tessuti è una delle felici applicazioni della chimica alle arti.

Un altro genere di ricerche su cui versa la meccanica è di quelle che risguardano la resistenza de' legnami sia alla compressione sia al distendimento o alla flessione o alla rottura; le quali cose interessano al più alto grado le navali e le civili costruzio-

ni. Sommi fisici, tra' quali Buffon Duhamel Dupin ed altri, hanno rischiarata questa teoria con molti ed importanti sperimenti, i risultati de' quali, ancora più di quelli che si hanno dal calcolo, sono altrettante guide che possono con sicurezza condurne nella soluzione delle speciali quistioni.

Le leggi dell'urto de' corpi, le quali variano secondo che sono essi o duri o molli o perfettamente elastici, interessano pur molto la meccanica, la quale le rinviene ed ai bisogni delle arti le applica. L'arte della guerra ne trae partito per le cariche di cavalleria; essendo dimostrato che per produrre il massimo urto contro l'oste nemica fa duopo che la cavalleria si avanzi con velocità sempre crescente, cosicchè raggiunga il massimo della velocità al momento dell'urto. Il qual principio, che si applica pure ai combattimenti della infanteria e delle armate in generale, specialmente nel sistema di guerra a grandi masse, tuttochè ne sembrasse ovvio e di per se evidente, pur tuttavia non fu conosciuto nè praticato da' Romani che dopo alcuni secoli dalla fondazione di Roma; mentrechè i Numidi con la loro cavalleria leggiera abbattevano ben sovente la loro. E nei tempi posteriori, fino al secolo passato giacque pure lunga pezza lo stesso principio ignorato. Alla conoscenza ed applicazione del quale dovette certamente il gran Federico le più brillanti sue vittorie.

Nelle arti spesso si usano de' martelli e de' mazzi che operano per via di urti o di percosse. La meccanica valuta il potere di cotesti ordegni, e dà le norme onde ovviare agli effetti della reazione che tendono a distruggere una parte della forza e disturbare il movimento delle macchine. Gli urti del vento spezzerebbero spesso le alberature de' bastimen-

ti, se la elasticità delle corde non si opponesse a cotesta pericolosa reazione.

III.

1. Seguendo lo stesso metodo di sommaria sposizione de' principî e delle applicazioni della scienza, passeremo a dire rapidamente di quelle cose che alla dinamica si appartengono: la quale, parte essendo della meccanica, ha per obbietto speciale di esaminare la produzione e l'applicazione delle forze motrici di cui l'industria si vale. Le quali possono comprendersi in due grandi categorie, che sono: forze viventi, ossia degli uomini e delle bestie, e forze inanimate.

Le forze fisiche dell'uomo si distinguono in forze sensitive e forze materiali. Il perfezionamento delle prime molto influisce allo accrescimento delle seconde ed allo sviluppamento delle nostre facoltà intellettuali: ciascuna di esse è di una utilità particolare in certe arti; e reciprocamente le arti molto han contribuito ad accrescere la forza la varietà e la perfezione de' nostri sensi. Imperciocchè le belle arti hanno ad essi dato più di estensione e delicatezza; le arti liberali più di certezza e sagacità; le arti meccaniche più di rapidità nell'azione e nella reazione: i quali risultamenti sono per verità uno de' maggiori benefici della civilizzazione.

In fatti, per accrescere le forze del senso della vista, l'uomo ha inventato la lente il microscopio il telescopio: i quali strumenti han reso importanti servigi alle arti meccaniche alle belle arti alla storia naturale alla navigazione all'astronomia. E per supplire alle infermità di questo senso, si son costrutti gli occhiali ordinari che avvicinano o allontanano

gli oggetti, gli occhiali a cristalli colorati, i paravista, i trasparenti, ec.: la fabbricazione de' quali strumenti toglie a prestito i suoi mezzi di operare sia dalla geometria sia dalla meccanica.

L'arte ha pur molto giovato alla forza sensitiva dell'udito, la quale mercè gl'imbuti acustici a considerevole distanza si estende. Di questi è poi una felice applicazione lo strumento non ha molto inventato dal signor Laennec, mercè il quale dal sentire il rumore degli organi interni del nostro corpo si giudica dello stato di essi, sano o infermo. I congegnamenti di tubi pel cui mezzo si comunica il parlare fra le parti più separate e lontane di uno stabilimento; il portavoce, che serve a farci sentire a grandi distanze; la maschera degli antichi attori, il corno del cacciatore, la cornetta delle truppe leggieri sono tanti portavoci. E finalmente, gli anfiteatri sono de' portavoci per gli attori e degl'imbuti acustici per gli uditori.

I sensi del tatto e gli altri sensi possono pur essere dall'arte aiutati.

E per dire alcun'altra cosa relativamente al senso dell'udito, le sensazioni che quest'organo trasmette alla nostra intelligenza sono distinte da tre diverse qualità, cioè: 1. la durata; 2. la forza; 3. l'elevazione o l'abbassamento de' suoni: le quali essendo regolate e dirette dall'arte della musica, mercè degli opportuni strumenti, valgono ad operare su di noi svariate impressioni, ed a produrre effetti mirabili. La cadenza e l'armonia negli esercizi militari sono una delle molli più potenti dell'arte della guerra; perciocchè esse abituano il soldato a regolare tutt'i suoi movimenti sulla voce de' suoi capi, e sul suono de' bellici strumenti; e per un mirabile accordo ch'è tra le nostre sensazioni ed

i movimenti del corpo con quelli del pensiero, rendendolo capace di esaltazione e di entusiasmo nel momento della mischia. Ne' lavori manuali giova pure spesso regolare con cadenze alcuni movimenti. Per esempio, i fabbri che si uniscono per battere su di una incudine uno stesso pezzo di ferro, il battono in tempi determinati ed uguali; con che; non solo previensì l'incontro de' martelli, ma par che si renda meno faticosa l'opera. Allorchè un operaio deve eseguire un lavoro che richiede una ripetizione continua di uno stesso movimento, dà a questo una durata costante; pel qual modo mentre economizza le sue forze, egli acquista, mercè l'impulso periodico che trasmette ai suoi organi, una facilità meravigliosa nella sua azione; d'onde i vantaggi riconosciuti della divisione del lavoro negli stabilimenti industriali. Per alcuni lavori il sentimento del ritmo e della misura contribuisce molto ad alleviarne la fatica. L'agricoltore che col solco del suo aratro squarcia la terra, sente diminuire la pena della sua fatica, accompagnando i passi al suono della sua voce cadenzata. Nei lavori che richieggono l'insieme di un gran numero di operai, costoro han bisogno, per esercitare nel tempo stesso i loro sforzi, di sentire i canti misurati di uno de' loro compagni.

Siccome buona parte de' lavori dell'industria si esegue con le forze dell'uomo, la misura di esse secondo i varî modi onde possonsi esercitare, e i mezzi per trarne tutto l'utile possibile col minimo d'incomodo de' lavoranti, e senza che fosse di costoro nemmeno per poco alterata la vigoria, è un oggetto che interessa al maggior segno la scienza non meno che i sacri diritti dell'umanità. La meccanica svolgendo questo tema in tutte le sue parti, fa conoscere qual forza possa l'uomo sviluppare in

un giorno se cammini semplicemente, quale altra un facchino che sia d'alcun peso caricato nell'andare e che torni a vuoto; quale altra il merciaiuolo che cammina costantemente gravato di alcun peso. Dimostra in parallelo gli effetti utili che debbono attendersi da un uomo che proceda trasportando vari pesi; da un altro che ascenda una scala semplicemente, o gravato da peso; nonchè i pendii diversi pe' quali l'uomo camminando si eleva con maggiore o minor vantaggio. Ne fa conoscere altresì questa importante verità: che un uomo il quale camminando liberamente si elevasse a tutta l'altezza cui potrebbe in un giorno pervenire, e poi facesse da contrappeso intorno ad una macchina, eleverebbe per tal modo un peso quadruplo di quello che se montasse caricato per sopra il pendio il più vantaggioso. E dipoi passa a considerare successivamente il lavoro di un uomo che agisse sulla ruota a scalini; di un altro che spingesse un carrettino; di un terzo che lavorasse al montone per affondar de' pali, o che girasse la manovella, o che zappasse o vangasse la terra: ne fa conoscere la velocità più vantaggiosa per le fatiche dell'uomo, e lo sforzo momentaneo di cui un uomo esser può capace. Da ultimo, qual genere di lavoro meglio convenga alle donne ai vecchi ai fanciulli, acciò queste persone, che si distinguono per la debolezza delle forze fisiche, possano utilmente esercitarsi alla fatica, pel bene loro proprio e della società.

2. Diverse specie di animali coadiuvano l'uomo nei suoi lavori: oltre a quelle che son proprie del nostro clima, cioè il cavallo l'asino il mulo il bue il bufalo ed il cane, il cervo nella Lapponia, lo zebro, l'elefante, il cammello, il dromedario nei climi caldi, servono in diverso modo coll'e-

servizio delle loro forze ai bisogni dell' uomo. Di quelli che a noi appartengono, e particolarmente del cavallo, la meccanica studia i modi di azione ed ogni utile effetto.

Il cavallo, che occupa il primo posto tra gli animali utili da fatica, si distingue per la sua attitudine a portar sul dorso a trascinare a correre con velocità assai varie, ed a fare lunghi cammini giornalieri. Quindi è cosa della massima importanza il valutare gli effetti più utili che possono aversi da questo animale nei vari suoi modi di faticare; ossia qual distanza possa in un giorno di cammino regolarmente percorrere un cavallo che portasse sul dorso un cavaliere; qual carico possa portare, ed a qual distanza, un altro che sopportasse la soma; quale un altro che lavorasse al tiro. La scienza della dinamica mentre ne istruisce su queste bisogne, ne fa conoscere altresì l'effetto utile del cavallo e delle bestie cornute di diverse nazioni; mette in parallelo il tiramento de' cavalli con quello che in alcuni casi si fa dagli uomini; inventa il dinamometro per misurare la forza del tiramento; e presenta i risultati di quante sperienze sono state in ogni tempo e luogo istituite per misurare in tutt' i modi e nei diversi casi la forza da cotesti animali sviluppata.

3. Le forze inanimate della natura, ossia l'acqua il vento il vapore, sono di uso men comune ma più possente nell' industria: le quali si applicano a tutti quei lavori che richieggono l'impiego d'ingente forza motrice; per cui o non si potrebbero dagli uomini nè dalle bestie eseguire, ovvero importerebbero disagio e spesa eccessivi. La dinamica ne fa conoscere primieramente le leggi dell'equilibrio dell'acqua e degli altri fluidi, dalle quali derivano le

applicazioni che se ne son fatte per gli strumenti da livellare, nonchè le regole che guidar ne debbano nella costruzione delle chiuse delle pescaie de' serbatoi. Il celebre paradosso idrostatico, che con un fluido contenuto in un vase si possa produrre sulla base di questo una pressione assai maggiore che il peso del fluido stesso, menava il sommo Pascal alla invenzione del torchio idraulico: utilissima per molti usi ove occorre una considerevole forza di pressione, come per premere gli oli o la materia onde fassi la carta, o in generale per rendere più compatte e meno voluminose alcune cose che occorre imballare ed imbarcare a bordo de' bastimenti; tra le altre il fieno, che per siffatto mezzo riducendosi in masse quasi solide, occupa il minimo spazio ed assai bene si conserva. E per altre bisogne ancora; alle quali servono mirabilmente i torchi atti a fabbricar le polveri a spianare i leguami a forare i metalli, nonchè la macchina da copiar lettere inventata da Bramah.

Nè meno interessano l'industria le teorie intorno alle condizioni dell'equilibrio de' corpi galleggianti su de' fluidi, le quali si applicano principalmente all'equilibrio delle navi, acciò questi edifici galleggianti si reggano equilibrati nel mezzo del furore delle tempeste. Dalle quali pur derivano quei principj onde veniamo a determinare il peso specifico di qualunque corpo solido o fluido; il che per la bilancia idrostatica, lo strumento di Nicholson e l'areometro di Fahrenheit, agevolmente si consegue. Ma sono poi del più alto interesse le leggi dello scaricarsi de' fluidi per orifici praticati nelle pareti de' serbatoi in cui si contengono, nonchè quelle onde varia la velocità delle acque correnti nei diversi casi di pendenza de' canali ed al-

tezze di esse; imperciocchè siffatte teorie si applicano alla condotta delle acque che servono pe' bisogni delle città e delle manifatture, ed a' movimenti di quelle macchine che dalla forza dell'acqua facciamo animare. Pel quale ultimo importantissimo obbietto è forza studiare quanto alle ruote idrauliche si appartiene, che sono quei mezzi dall'uomo inventati per trasmettere l'impulso dell'acqua alle macchine cui fa duopo, secondo le occorrenze. Le quali formano un argomento speciale della dinamica, che ne presenta di varie ed ingegnose forme; alcune per agire orizzontalmente, altre verticalmente; e determina con la scorta del calcolo e delle sperienze l'effetto delle acque che le investono, e le norme da seguire, tanto nella disposizione di esse che de' corsi d'impulsione, acciò questo effetto riuscisse il massimo possibile. Nelle quali ricerche non poco si è distinto l'illustre Poncelet, il quale inventando un nuovo sistema di ruote ad ali curve, oltre modo ha contribuito a vantaggiare l'azione motrice delle acque. E così pure sono delle teorie stesse tante utili applicazioni quelle altre macchine che, essendo mosse dalle acque mercè di una caduta, servono ad elevare parte di quelle al di sopra del loro livello; tra le quali ne piace noverrare precipuamente l'ariete idraulico, e la macchina a colonna d'acqua a semplice ed a doppio effetto.

Le leggi della gravità e dell'equilibrio dell'aria atmosferica e degli altri fluidi aeriformi, comunque a diverse arti si riferiscano, vengono pure dalla dinamica industriale dichiarate; perciocchè su di esse fondasi la costruzione di quegli strumenti, barometro e termometro, onde il peso e le mutazioni dell'atmosfera sogliam prevedere e calcolare: il

che importa massimamente al marino ed al viaggiatore, i quali col mezzo di cotesti strumenti possono prevedere la tempesta o il ritorno della calma, e così preservarsi, sempre che il possono, da sovrastante pericolo. Il barometro nelle mani del geometra del meccanico e dell'ingegnere è un mezzo per determinare con meravigliosa facilità, senza eseguire alcuna grafica operazione, le altezze comparate de' luoghi inaccessibili o che son separati da immense distanze. Inoltre le leggi stesse della gravità e dell'equilibrio dell'aria e degli altri fluidi sono applicate allo innalzamento degli areostati, nonchè alle costruzioni di tutte quelle macchine che diconsi *trombe*, per le quali usiamo elevar l'acqua al di sopra del suo livello: delle quali ve ne hanno di molte e svariate forme; che distinguiamo generalmente in aspiranti, prementi, composte, a serbatoio d'aria, a doppio corpo, a doppio stantuffo, rotatorie, ec. E finalmente è una nuova recentissima applicazione delle leggi stesse la invenzione fatta dall'inglese Clegg delle strade di ferro a trombe pneumatiche, delle quali alcuni sperimenti, con sufficiente buon successo, sonosi già fatti.

Nè solamente nel suo stato di equilibrio, ma più in quello di moto avviene che l'aria interessi l'industria; perciocchè appuato nelle agitazioni di essa e nell'azione de' venti si operano effetti importantissimi alla vita ed alla sanità degli esseri animati, e si produce una forza motrice altrettanto possente che utile. I ventilatoi, mercè i quali sogliamo rinnovare l'aria corrotta o rarefatta nel fondo de' bastimenti e delle miniere, nelle prigioni, negli ospedali, sono stabiliti sul principio delle agitazioni naturali o artefatte di questo fluido. Chi poi potrebbe dire quanta sia l'utilità dell'applicazione della forza del

vento alla navigazione? ebbene! siffatta applicazione dipende da un complesso di teorie che la scienza rinviene e dimostra; mercè le quali, la forma, l'ampiezza delle vele, la loro posizione, la direzione del timone vengono appieno determinate; ed il navigante giugne ad avanzarsi non solamente secondo la direzione naturale del vento, ma ad allontanarsi da questa a volontà, fino a rimontare contro l'origine stessa del vento. Nè è poi meno utile l'applicazione del vento al moto delle macchine, come sono i molini che da esso han nome; i quali tuttochè non possano applicarsi a certuni lavori che richieggono de' movimenti costanti ed uniformi, sono però assai utili per tutte quelle altre occorrenze nelle quali non faccia duopo di una tale uniformità; come sono: la macinazione de' grani, la estrazione degli oli, la polverizzazione delle cortecce di quercia per la concia de' cuoi, le seghe da legnami, le macchine da elevar l'acqua per la irrigazione o per lo disseccamento de' terreni acquatici. Le costruzioni de' quali meccanismi, ed i modi onde potersi giovare il più vantaggiosamente della forza del vento, e calcolarne gli effetti, la dinamica diffusamente ne insegna.

Da ultimo le macchine a vapore, che han creato nn'era novella per le industrie, abbracciano esse sole ogni utile applicazione delle scienze della geometria della meccanica e della dinamica. Fondate sul principio della forza elastica del vapore che producesi per la ebollizione dell'acqua, e sulle leggi della gravità de' fluidi, la loro struttura presenta un meraviglioso accordo di quasi tutte le macchine semplici che di sopra abbiám cennate, e richiede il concorso de' metodi più ardui e sublimi che le arti meccaniche abbiano mai usati. E però

*

la dinamica, oltrechè dichiara quanto al congegna-mento ed alla struttura di esse si appartiene, nonchè le svariate applicazioni che di esse si fanno alla locomozione sulle strade o sulle acque o a qualunque altra bisogna dell' industria, ne istruisce altresì delle preliminari nozioni intorno alle teoriche del calore della combustione della evaporazione dell' acqua, delle forze che indi n' emergono, ed altre cose somiglianti; nonchè de' risultati di quanti sperimenti hanno finora i fisici ed i meccanici istituiti per diradare le tenebre che cotesti importanti fenomeni un tempo avvolgevano. Ricerche fortunate, e degne della presente età, che han dato un sì possente impulso alla prosperità ed all' incivilimento de' popoli!

Sono queste le principali applicazioni che della geometria e della meccanica si fanno alle arti alle industrie ed alle arti belle. Laonde ne rimane che alcuna cosa diciamo sul metodo che avrebbe a tenersi per istabilire, a maggior vantaggio dell' universale, lo studio di tali facoltà, nonchè del disegno lineare, nel nostro Reale Istituto d' Incoraggiamento.

E primieramente, base e fondamento dell' opera è che si abbia un apposito corso d' istituzione, nel quale siano ordinatamente disposte le più elette ed importanti teorie della scienza della geometria e della meccanica applicate alle arti; e con tal magistero, che venissero quelle verità accomodate alle intelligenze più comuni, sì per l' ordine con cui fossero l' una appo l' altra disposte, sì per la dizione facilissima, nella quale si usasse un linguaggio il più comune, sì per la scelta ed il numero degli esempi, per i quali ciascuna teoria, ciascun principio venissero appieno nelle applicazioni alle diverse arti rischiarati. Il qual corso ne sembra pur convenien-

tissimo che sia diviso in lezioni, ciascuna delle quali abbracciasse tutte le verità che possono comprendersi in una sola categoria, o che possono stare insieme unite. Avventurosamente un'opera di tal fatta già esiste; ed è quella del dottissimo Barone Carlo Dupin, di cui nella precedente nostra Memoria, pubblicata nel fascicolo 59.^o di questi Annali, abbiain fatto menzione; la quale l'autore stesso col maggior successo da 18 anni legge al Conservatorio Reale di Arti e Mestieri di Parigi; egualmente che per tutta Francia e per alcune estere regioni vien professata: perciocchè siffatta opera, per lucidezza d' idee ordinamento, sposizione e ricchezza di applicazioni, nulla lascia a desiderare. La quale perciò, sicuri che renderemmo un utile servizio al paese, abbiain voltata nel nostro idioma, corredandola di alcune note ed agginzioni, ove le applicazioni di essa alle circostanze nostre o gli ulteriori progressi delle scienze, che la Dio mercè nei tempi attuali son pressochè giornalieri, le richiedevano (1). Cotesta opera dunque, che comprende in tre volumi la geometria la meccanica e la dinamica, vorremmo che venisse nel periodo di due anni insegnata; cioè a dire, che nel primo anno si desse la geometria e la meccanica; e nel secondo, per alcuni mesi la dinamica, e s'impiegasse il resto dell'anno a rian- dare l'intero corso, riassumendo come in un quadro i principj generali della scienza e le sue applicazio- ni, acciò se ne abbracciasse l'insieme, e le tante verità ed applicazioni di essa saldamente nella memoria degli alunni si fermassero. Il quale insegna-

(1) *L'associazione alla suddetta opera è aperta in nostra casa: Largo Santa Caterina da Siena, n. 15, primo piano nobile.*

mento esser vorrebbe praticato con la sposizione più piana e comune: nella quale il professore, lontano da ogni astratta definizione e da ogni astruso concetto della scienza, facesse suo studio di presentarne agli uditori le verità nei modi più sensibili, riportandole sempre ad idee di oggetti reali e comuni, fossero i corpi della natura che ci cadono continuamente sott'occhio, fossero quelli prodotti dall'industria nelle molteplici diverse arti in cui la si esercita. Pel quale nopo ne sembra cosa indispensabile che l'Istituto fosse fornito di un assortimento di modelli di ogni specie, di utensili strumenti da lavoro macchine e cose simili; perciocchè dimostrandosi con tali argomenti alla mano le verità della scienza e le sue applicazioni alle arti diverse, oltre che rendonsi quelle sommamente facili ed intelligibili ai meno acuti ingegni, formasi pure una sì stretta associazione d'idee fra le nozioni astratte e gli oggetti materiali, che tenacemente restano quelle impresse nella memoria.

Contemporaneamente verrebbero gli alunni istruiti nell'arte del disegno lineare: la quale vorremmo divisa in due classi, che formerebbero altrettanti periodi nei due anni dello insegnamento suddetto. Nel primo gli alunni della prima classe verrebbero ammaestrati nel disegno che dicesi *a mano*, cioè senza l'aiuto di alcuno strumento geometrico: pel quale si studierebbero d'imitare successivamente le figure geometriche rettilinee, le curvilinee, le figure simmetriche, le irregolari, i corpi d'ogni forma veduti in prospettiva; e con ben intesa progressione passando per gradi dalle forme più facili alle più complicate, gli ornati di ogni sorta, e da ultimo la figura del corpo umano, scissa dapprima, come si usa nelle scuole, nelle membra

che la compongono. Pel quale studio addestrerebbero gli allievi l'occhio e la mano al linguaggio del disegno; così verrebbero messi in grado di ritrarre, ancorchè non perfettamente, le forme degli oggetti, di esprimere i propri concetti che si riferissero a cose corporee, e d'intendere gli altrui: acquisterebbero la facoltà che chiamasi *colpo d'occhio*, quella cioè per cui si giudica alla semplice vista delle relazioni di grandezza e di proporzione delle cose; e si formerebbero il gusto delle giuste proporzioni e delle vaghe forme. Ma, il che più importa, un istitutor sagace verrebbe per siffatto insegnamento a scovire nei suoi allievi coloro cui natura avesse dato un genio particolare per le arti belle d'imitazione: i quali ove venissero dipoi opportunamente aiutati ed infervorati a secondare, mercè una speciale e ben diretta istruzione, quelle felici disposizioni della natura, riuscirebbero certamente in alcuna di coteste arti eccellenti.

La seconda parte dello insegnamento del disegno, che formerebbe nell'altro anno il secondo periodo, verserebbe sul disegno geometrico, che si esegue col mezzo di opportuni strumenti, cioè la riga, il compasso, il rapportatore, ec. Nel quale verrebbero agli allievi insegnati successivamente i processi grafici, pria per ritrarre, così nelle relazioni di eguaglianza come secondo una data proporzione, le figure geometriche, ed indi per formare le icnografie de' corpi, cioè a dire le piante gli elevati le sezioni. Del quale studio vorremmo si facesse una speciale applicazione alle arti del falegname, del carpentiere da case e da navi, del muratore, del piperniere, dello stuccatore e del meccanico, addestrando massimamente gli alunni a ritrarre le forme e le commessure delle armature diverse di legnami

che occorrono nelle costruzioni degli edifici e de' navigli, nonchè le forme delle diverse parti in cui scindesi un edificio, le modanature, gli ordini architettonici, gli ornati; ed ancora le proiezioni di una qualunque macchina, o nello stato di quiete, oppure in quello di moto.

Per le quali esercitazioni nel disegno, e per lo contemporaneo apprendimento della geometria e della meccanica applicate alle arti, gli allievi essendo appieno istruiti delle forme e combinazioni degli oggetti che si riferiscono alle arti diverse, e de' modi d'operare in ciascuna, assuefatti alle idee del bello del proporzionato del regolare, dotti nelle leggi che regolano l'equilibrio ed il movimento de' corpi, e messi al corrente di tutte le invenzioni che l'ingegno umano ha fatte nelle svariate branche dell'industria, la loro istruzione sarebbe altrettanto sicura che compiuta. Per tal guisa il perfezionamento delle arti nel nostro Regno non sarebbe quindi innanzi da riguardarsi come un voto inefficace, nè dal corso di cieche pratiche avremmo vanamente ad attenderlo.

VAl
1544626